



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV GEODÉZIE**

INSTITUTE OF GEODESY

**URČENÍ SOUŘADNIC BODŮ VÝUKOVÉ SÍTĚ  
NA TERASE BUDOVY B**

THE DETERMINATION OF POINT COORDINATES OF LEARNING NETWORK ON THE  
TERRACE OF THE BUILDING B

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Silvia Tuhá**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. RICHARD KRATOCHVÍL**

**BRNO 2017**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3646 Geodézie a kartografie
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3646R003 Geodézie, kartografie a geoinformatika
<b>Pracoviště</b>	Ústav geodézie

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Silvia Tuhá
<b>Název</b>	Určení souřadnic bodů výukové sítě na terase budovy B
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Richard Kratochvíl
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2016
<b>Datum odevzdání</b>	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

---

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,  
MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Weigel, Josef: Teorie chyb a vyrovnávací počet I. VUT, 2009.

Weigel, Josef: Teorie chyb a vyrovnání I - Modul02. VUT, 2010.

Böhm, J., Hampacher, M., Radouch, V.: Teorie chyb a vyrovnávací počet. Kartografie Praha, 1990.

Abelovič, J a kol.: Meranie v geodetických sietach. Alfa Bratislava, 1990.

Podklady poskytnuté vedoucím práce.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Proveďte zaměření pilířů na terase budovy B FAST VUT v Brně. Vzniklou síť připojte do S-JTSK a Bpv. Proveďte vyrovnání zaměřené sítě v programu Pplanner a postup vyrovnání sítě v programu Pplaner popište. Vyhotovte přehledku sítě a tabulku vyrovnaných souřadnic bodů s jejich středními souřadnicovými chybami.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Richard Kratochvíl

Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Táto bakalárska práca sa zaoberá určením súradníc 12 pilierov výukovej siete na terase budovy B a R FAST VUT v Brne. Zahrňuje zameranie a vyrovnanie súradníc pilierov v záväzných referenčných systémoch JTSK (súradnice) a Bpv (výšky). Poloha a výška bodov bola zameraná totálnou stanicou Trimble S8 a GNSS aparátúrou Leica. Vyrovnanie prebehlo v programe Groma, ktorému predchádzalo vytvorenie modelu siete v programe PPlanner.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Vyrovnanie siete, súčtová konštanta, GNSS, polárna metóda, model vyrovnaní

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the determination of 12 pillars coordinates of the learning network on the terraces of buildings B and R FAST VUT in Brno. It includes the surveying and alignment of the points coordinates in the obligatory reference systems JTSK (coordinates) and the Bpv (heights). The position and height of the points were measured by the total station Trimble S8 and the GNSS apparatus Leica. The alignment was done in the Groma program, which preceded modeling of network in the PPlanner program.

## **KEYWORDS**

Network alligment, additional constant, GNSS, polar method, model of alignment

Bibliografická citace VŠKP

Silvia Tuhá *Určení souřadnic bodů výukové sítě na terase budovy B.* Brno, 2017. 41 s., 33 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Richard Kratochvíl

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2017

---

Silvia Tuhá  
autor práce

## **POĎAKOVANIE**

Chcela by som poďakovať najmä Ing. Richardovi Kratochvílovi za jeho ochotu, venovaný čas, rady a hlavne nekonečnú trpezlivosť. Ďalej by som chcela poďakovať svojim rodičom, spolužiakom a blízkym za podporu a možnosť študovať.

V Brně dne 25. 5. 2017

---

Silvia Tuhá

## Obsah

1 Úvod.....	10
2 Miesto merania .....	11
3 Schéma merania na pilieroch totálnou stanicou a GNSS aparátúrou .....	12
4 Totálna stanica .....	13
4.1 Princíp merania .....	13
4.2 Určenie súčtovej konštanty .....	13
4.3 Postup merania siete.....	15
5 GNSS .....	17
5.1 História.....	17
5.2 GNSS systémy .....	17
5.2.1 NAVSTAR GPS .....	17
5.2.2 GLONASS.....	18
5.2.3 Galileo .....	18
5.2.4 Compass .....	19
5.3 Metódy získania polohy bodu .....	19
5.4 Postup GNSS meranie na pilieroch.....	20
6 Vyrovnávanie merania.....	21
6.1 Spôsoby vyrovnania .....	21
6.2 Metóda vyrovnávania MNČ.....	21
7 Výpočtová časť .....	23
7.1 Leica Geo Office (LGO) .....	23
7.1.1 Základné informácie o programe.....	23
7.1.2 Výpočet súradníc bodov v programe LGO .....	23
7.2. Program PPlanner.....	26
7.2.1 Základné informácie o programe.....	26
7.2.2 Postup výpočtu v programe PPlanner.....	26
7.3. Groma.....	33
7.3.1 Základné informácie o programe.....	33
7.3.2 Výpočet súradníc .....	33



7.3.3 Výpočet vyrovnaní siete .....	34
8 Výsledky .....	36
9 Záver .....	37
Zoznam použitých zdrojov .....	38
Zoznam použitých skratiek .....	39
Zoznam použitých obrázkov .....	40
Zoznam použitých tabuliek .....	40
Zoznam príloh .....	41

# 1 Úvod

Bakalárska práca sa zaoberá zameraním súradníc pilierov výukovej siete na terase budovy B a R FAST VUT v Brne. Jej vyhotovenie začalo zmeraním bodov totálnou stanicou, Trimble S8 a GNSS aparátúrou, prijímač Leica GX 1230 a anténa Leica AX 1202. Ďalšou náplňou tejto práce je spracovanie vykonaných meraní v programoch LGeo Office a Groma. Na posúdenie presnosti vyrovnaní siete pred meraním, bol využitý program PPlanner pracujúci s modelom merania a s približnými súradnicami bodov. Tento model so svojimi strednými súradnicovými chybami bol porovnávaný s vyrovnaním siete v programe Groma.

Práca je rozdelená do niekoľkých kapitol. Ako prvé je uvedené miesto merania a jeho schéma na priblíženie lokality a postupu merania. Kapitoly „Totálna stanica“ a „GNSS“ okrem postupu merania obsahujú aj stručne opísaný princíp merania po teoretickej stránke. V sekcii GNSS je ešte obsiahnutá história a svetové navigačné systémy. Vo výpočtovej časti sú popísané všetky použité programy aj s postupom, ktorý bol aplikovaný pre získanie výsledkov tejto práce. V poslednej kapitole sú prezentované výsledky zámeru tejto práce, čiže získanie súradníc pilierov výukovej siete s ich charakteristikami presnosti.

## 2 Miesto merania

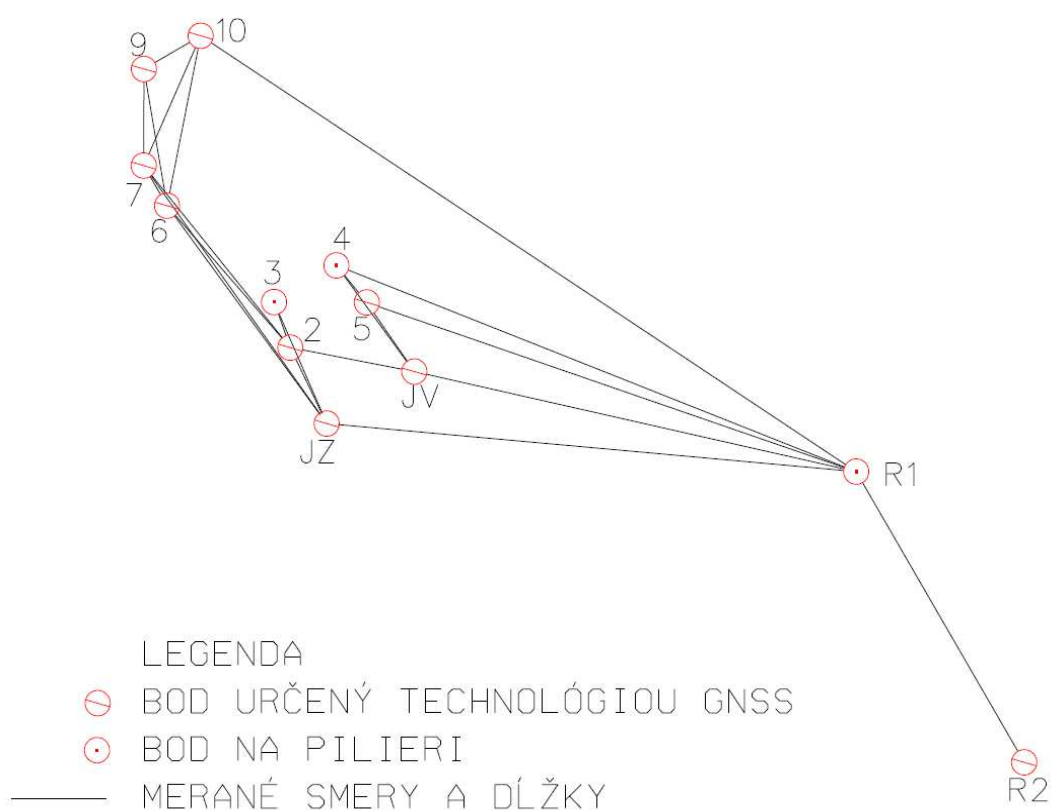
Zameraných bolo 10 pilierov betónového charakteru na streche budovy B a 2 piliere kovového charakteru na budove R. Obe budovy sú súčasťou areálu školy VUT stavebnej fakulty v Brne na ulici Veverí a vedie medzi nimi ulica Rybkova (Obr. 1). V roku 2001 si prešla podlaha strešnej konštrukcie budovy B rekonštrukciou. Pri nej došlo k zdvihnutiu podlahy o 30 cm. Na piliere, nachádzajúce sa na streche, boli umiestnené 30 cm vysoké betónové konštrukcie. Inštalácia betónových konštrukcií bola uskutočnená z dôvodu zachovania pohodlnej výšky pre potreby využívania pilierov. Na Obr.1 je červeným obdĺžnikom vyznačená terasa budovy B a modrým obdĺžnikom terasa budovy R. Piliere slúžia na výuku stavebnej fakulty pre rôzne predmety, ako napríklad výučba merania s GNSS aparátúrou.



Obr. 1 Terasa budovy B a R VUT FAST v Brne [1]

### 3 Schéma merania na pilieroch totálnou stanicou a GNNSS aparátúrou

Meranie GNSS aparátúrou prebehlo na všetkých pilieroch okrem pilierov 3,4 a R1. Na pilieri R1 z dôvodu nedostačujúceho priestoru nebolo možné umiestniť GNSS aparátúru. Body 3 a 4 sa nachádzali príliš blízko budovy a hrozil vplyv viaccestného šírenia signálu. Totálnou stanicou boli zaznamenávané smery a dĺžky na všetky viditeľné ciele (Obr. 2). Pilier označený R2 bol zameraný len z bodu R1 a preto sa predpokladajú najväčšie opravy práve na tomto bode.



Obr. 2 Schéma merania na pilieroch

## 4 Totálna stanica

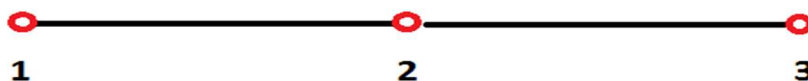
### 4.1 Princíp merania

U totálnej stanice sa jedná o spojenie teodolitu, elektronického diaľkomeru a počítača, vďaka ktorým meriame a registrujeme namerané veličiny priamo do prístroja a môžeme vytyčovať priamo zo súradníc. Teodolit je zariadenie slúžiace na odčítanie uhlov. [2] Princíp elektronického diaľkomeru je založený na teórii elektromagnetického vlnenia. Dĺžka je určená ako polovičná vzdialenosť prístroj – odrazová plocha – prístroj a vypočíta sa zo známej rýchlosti šírenia elektromagnetických vln a z tranzitného času. [3]

### 4.2 Určenie súčtovej konštanty

Pri meraní diaľkomerom do získaných hodnôt vstupujú mimo iné aj systematické chyby, medzi ktoré patrí aj súčtová konštanta hranola. Keďže pri meraní na streche bolo použitých niekoľko odrazových hranolov, bolo potrebné zistiť súčtovú konštantu pre každý použitý odrazový hranol zvlášť. Konkrétne boli hľadané hodnoty 4 odrazových hranolov značky Topcon. Na určenie konštant boli využité piliere v učebni č. B150 na prízemí budovy B FAST VUT v Brne (Obr. 4), ktoré sú postavené v jednej priamke, teda nemôže dôjsť k ich posunutiu ako by mohlo nastať pri meraní s použitím statívov v teréne. Piliere učebne sú vhodne a rovnomerne rozmiestnené pre zistenie hľadaných konštant.

Na 3 piliere učebne B150 boli umiestnené podložky, ktoré boli za pomoci elektronickej libely diaľkomeru presne zhorizontované. Centrovanie nebolo potrebné, keďže všetky podložky boli postavené na vstavovaných pilieroch.



*Obr. 3 Schéma merania na určenie konštant*

Úsek z bodu 1 na bod 2 nazveme a, úsek 2-3 nazveme b a úsek 1-3 nazveme c (Obr. 3).



*Obr. 4 Meranie v učebni číslo B150 [vlastný]*

Namerané vzdialenosti medzi jednotlivými bodmi boli zostavené do tabuliek (Tab. 1)  
Výsledné zostavenia všetkých meraní hranolov sú v prílohe č. 1.

Tab. 1 Príklad zápisu merania konštant hranolov

Hranol číslo 1			
Úsek	a (m)	b (m)	c (m)
	3,126	4,536	7,631
	3,127	4,537	7,632
Priemer (mm)	3,1265	4,5365	7,6315

Dosadenie dĺžok do vzorca: konštanta =  $c - (a + b)$

Tab. 2 Výsledné konštanty hranolov

Výsledné konštanty hranolov	
Číslo hranolu	Konštanta (m)
1.	-0,0315
2.	-0,0310
3.	-0,0310
4.	-0,0295

V Tab. 2 možno vidieť dosiahnuté hodnoty všetkých použitých hranolov. Následne boli jednotlivé hranoly označené svojim priradeným číslom, aby nedošlo k ich zámene.

### 4.3 Postup merania siete

Meranie siete bolo prevedené robotickou totálnou stanicou Trimble S8 s výrobným číslom 98810133.

Rýchlosť šírenia svetla atmosférou je závislá na teplote a atmosférickom tlaku. Ide o tzv. atmosférickú korekciu, o ktorú sú merané dĺžky upravované. Z tohto dôvodu bola pred začiatkom merania do prístroja nastavená aktuálna teplota a tlak. Prístroj si zo zadaných hodnôt automaticky vypočítal atmosférickú korekciu. [4]

Meranie sa uskutočnilo 16. 6. 2016 za jasného počasia (Obr. 5) a bolo vykonané v dvoch skupinách. Zaznamenávalo sa číslo a výška stanoviska, cieľa, šikmá dĺžka,



vodorovný smer a zenitový uhol. Výšky stanoviska a cieľa boli určené pásmom. Merané boli od hlavy piliera, na ktorom boli na závit umiestňované hranoly a prístroj, až po rysku na prístroji respektíve cieľi, po ktorú sa výška určuje. Za použitia všetkých hranolov, ktorých súčtové konštanty boli aj s ich označením vložené do totálnej stanice, prebehlo zameranie všetkých bodov viditeľných z konkrétneho stanoviska. Každý jeden bod bol použitý ako stanovisko, teda z každého jedného bodu nachádzajúceho sa na streche budovy bolo merané a to na všetky viditeľné ciele. Pri jednotlivých zmenách stanovísk bola sústavne nastavovaná teplota, a to podľa aktuálnej teploty v danom čase.



*Obr. 5 Meranie Trimble S8 na budove B [vlastný]*



## 5 GNSS

### 5.1 História

V roku 1957 bola vypustená prvá umelá družica Zeme, Sputnik. Týmto počinom došlo k začiatku novej etapy nie len v oblasti astronómie, ale aj v oblasti geodézie a samozrejme rôznych iných vedných disciplín o Zemi. Rozšírenie používania globálnych navigačných systémov výrazne ovplyvnilo určovanie priestorových súradníc a výšok. [5]

### 5.2 GNSS systémy

#### 5.2.1 NAVSTAR GPS

Od roku 1973 sa datuje začiatok budovania družicového navigačného systému NAVSTAR GPS (Navigation System using Time and Ranging Global Positioning System). Jedná sa o vojenský navigačný družicový systém Spojených štátov amerických. Od 1. 7. 1976 je rozvoj GPS systému riadený spoločnou programovou skupinou tzv. JPO (Joint Program Office). GPS je tvorený tromi segmentami:

- Kozmický segment predstavujú družice umiestnené na obežnej dráhe. Minimálny počet družíc na zabezpečenie správneho fungovania GPS je 27 (24 aktívnych 3 v zálohe). Ich rýchlosť sa pohybuje okolo 11 300 km/h a nachádzajú sa vo výške 20 200 km nad povrchom Zeme. Satelity sú rozmiestnené v 6 orbitách so sklonom  $55^\circ$  k rovine rovníka. Družica obsahuje prijímač, vysielač, atómové hodiny a procesory, prípadne prístroje na iné účely.
- Riadiaci segment je tvorený rovnomerne rozmiestnenými piatimi monitorovacími stanicami, nachádzajúcimi sa pozdĺž rovníka. Tieto stanice tvoria oficiálnu sieť pre určovanie vysielaných efemeríd a chodu družicových hodín. Stanice nadväzujú spojenie s každou družicou a predávajú si navzájom informácie. Riadiaci segment je zodpovedný za údržbu terajších a vypúšťanie nových družíc.
- Užívateľský segment prijíma a spracováva GPS signály pomocou prijímačov. Prijímač je tvorený anténou, rádiový frekvenčnou jednotkou, mikroprocesorom, komunikačnou jednotkou, pamäťou a zdrojom napätia. [1]

Tento systém, pracuje na princípe jednosmerného diaľkomeru pričom sa zaznamenáva čas a vzdialenosť šírenia signálu z antény družice k anténe prijímača. Ide o úspornejšiu a efektívnejšiu metódu v porovnaní s klasickými geodetickými metódami. Z hľadiska využitia prístroja bola k pozorovaniu aplikovaná metóda elektronická. Jedná sa o metódu, ktorá vychádza zo zaznamenávania rýchlosti prípadne tranzitného času elektromagnetického vlnenia. Výhodou tejto metódy je nezávislosť na dobe pozorovania a meteorologických podmienkach. Najčastejšie používané sú metódy: rádiolokačné, kódové meranie, fázové meranie, meranie dopplerovského posunu a interferometrické meranie. V tomto prípade bolo použité fázové meranie, ktorého podstata spočíva vo vysielaní a prijímaní vln. Tie sú medzi sebou fázovo posunuté a ich vzájomný posun závisí na frekvencií a meranej vzdialenosti. Z pozemnej stanice je vysielaná frekvenčná modulová nosná vlna. Po jej prijatí na družici dochádza k jej upraveniu v transpondéry a následne je vysielaná späť ako zmenená nosná frekvencia. Ďalej sa porovnáva pôvodná nosná vlna z prijímača s vlnou zmenenou z družice. [7]

### **5.2.2 GLONASS**

Okrem spomínaného NAVSTAR GPS systému existujú aj iné navigačné systémy. GLONASS (GLObalnaja NAVigacionnaja Sputnikovaja Sistěma) je ruský globálny navigačný systém. Schválenie plánu pre tento systém sa datuje okolo roku 1976. Každá jedna družica tohoto systému sa nazýva Uragan a jej meno je dopĺňované o jej prevádzkové číslo. Obežné dráhy družíc majú približne kruhovitý tvar so sklonom k rovine rovníka  $64.8^\circ$  a nachádzajú sa vo výške 19 100 km nad povrchom Zeme. [6]

V roku 2010 bolo dosiahnuté pokrytie celého ruského územia GLONASS systémom a od roku 2011 má 24 družíc už globálny dosah. [8]

### **5.2.3 Galileo**

Projekt Európskeho navigačného systému Galileo bol zahájený 19. 7. 1999 na podnet Európskej komisie. Galileo má zabezpečiť väčšiu presnosť a dostupnosť navigačných služieb po celom svete. Prvou skúšobnou družicou systému Galileo je družica menom GIOVE-A. Vypustená bola v roku 2005. [6]

Podľa najnovších informácií sa najbližšie spustenie plánuje na rok 2018. Systém bude pozostávať z 30 družíc, z toho 3 budú záložné. Roviny dráh družíc budú s rovinou rovníka zvierat uhol  $56^\circ$  a budú sa pohybovať vo výške 23 222 km nad povrchom

Zeme. Tento systém je na rozdiel od GPS a GNSS navrhnutý, aby bol primárne riadený a spravovaný civilnou správou. [7]

#### **5.2.4 Compass**

Jedná sa o čínsky navigačný systém celým názvom Beidou – Compass. Svoje pomenovanie získal od súhvezdia Beidou, ktoré bolo v minulosti využívané k navigácií a vyhľadaniu hviezdy Polaris. Prvá vynesená družica na obežnú dráhu bola v roku 2000. Tento systém na rozdiel od GPS a GLONASS využíva družice geostacionárne. Výsledkom toho je postačujúci menší počet družíc, ale takáto družica signálom pokryje len oblasť, nad ktorou je nastálo umiestnená.[8] V decembri roku 2012 je systém dostupný aj pre civilistov na území Ázie a Tichomoria. [9]

### **5.3 Metódy získania polohy bodu**

Získať polohu bodu pomocou GNSS je možné dvomi spôsobmi. Prvý spôsob je pomocou absolútneho určovania polohy, kedy na určenie súradníc stačí len jedna prijímacia aparátúra. Druhým spôsobom, ktorý bol na získanie súradníc v tomto prípade použitý, je určenie relatívnej polohy bodu. Pri tejto metóde sú potrebné dve prijímacie aparátúry, ktoré merajú v rovnaký čas súčasne. Pozícia bodu sa vzťahuje k referenčnej stanici pričom je nutné poznať jej geocentrické súradnice. Kombináciou metódy statickej, kde prijímač je po dobu merania v pokoji vzhľadom k zemskému povrchu a metódy kinematickej, s využitím ich výhod (u statickej metódy presnosť a u kinematickej rýchlosť), mohli vzniknúť ďalšie metódy určovania polohy bodov a to konkrétne rýchla statická metóda (RTK) a metóda STOP & GO. Využitá metóda, rýchla statická, je oproti statickej metóde výrazne kratšia na dobu observácie. Skrátenie tejto doby je možné zavedením technológie rýchleho určovania ambiguit (počet cyklov medzi družicou a prijímačom). Meranie je možné uskutočniť do vzdialenosti 15 km od referenčného bodu, a to za použitia dvojfrekvenčného prijímača a vhodnej konfigurácie družíc. Prijímač na referenčnom bode zaznamenáva signál kontinuálne počas celého merania na určených bodoch. Na nich je postupne premiestňovaný druhý prijímač. Presnosť, ktorú je možné získať touto metódou sa pohybuje v rozmedzí 5 až 10 mm + 1 ppm. [6]

## 5.4 Postup GNSS meranie na pilieroch

Dňa 30. 6. 2016 bolo uskutočnené meranie s aparátúrou značky Leica. Presnejšie išlo o prijímač Leica GX 1230 GG s výrobným číslom 747 956 a anténu Leica AX 1202 GG s výrobným číslom 747958 (Obr. 6). Využitá bola spomínaná rýchla statická metóda. Zvolená doba observácie (časový interval merania súčasne na referenčnom bode a bodoch určovaných) bola 20 minút s intervalom záznamu 5 sekúnd. Celková doba meranie bola 5 hodín.



*Obr. 6 Meranie s Leica na bode číslo R2 [vlastný]*

## 6 Vyrovnanie merania

### 6.1 Spôsoby vyrovnania

V obore geodézia je nevyhnutné vyhovieť zadaným presnostiam, ktoré určuje objednávatel' prípadne sú stanovené zákonom, vyhláškou. Na ich splnenie je potrebné si pred samotným meraním urobiť rozbor presnosti. Na základe rozboru sa volia meračské prístroje, pomôcky a postup merania, tak aby neboli stanovené odchýlky prekročené.

K zvýšeniu presnosti výsledných hodnôt a vylúčeniu hrubých chýb sa meranie vykonáva opakovane. To vedie k získaniu niekoľko násobného určenia meranej veličiny. Ich hodnoty je možné potom vyrovnávať. Spôsoby vyrovnania sa delia:

- vyrovnanie priamych meraní - nezávislé niekoľkonásobné zameranie neznámej veličiny
- vyrovnanie sprostredkujúcich meraní - priame zameranie iných veličín, ktoré sú s neznámymi veličinami v známom vzájomnom vzťahu
- vyrovnanie meraní podmienkových – priame zameranie neznámej veličiny za predpokladu splnenia predom zadanej podmienky (matematická, geometrická...)
- vyrovnanie kombinované [10]

### 6.2 Metóda vyrovnávania MNČ

Dôležité je poznať počet nutných meraní, ktoré postačujú na jednoznačné určenie neznámej veličiny. Každé ďalšie meranie je meraním nadbytočným. Vďaka nim je možné realizovať proces vyrovnania, teda spracovanie dát nadbytočných meraní.

Môžu nastať 3 situácie ( $k$  je počet všetkých meraní a  $n$  je počet nutných meraní):

- a)  $k = n$  existuje práve jedno riešenie,
- b)  $k > n$  existuje viac riešení (tzv. preurčenie úlohy),
- c)  $k < n$  úloha nemá korektné riešenie.

V situácii b, keď je  $k > n$ , je hľadané najlepšie možné riešenie. Na riešenie takejto úlohy existuje niekoľko metód. [11]

Metóda najmenších štvorcov je najpoužívanejšou a za splnenia určitých podmienok dáva najspoľahlivejšie odhady neznámych veličín.

Všeobecné znenie podmienky:

$$\Omega = \sum p v^2 = \min,$$

kde  $v$  je oprava a  $p$  váha, ktorá sa zavádza len v prípadoch použitia rôznych presností jednotlivých meraní, inak  $p = 1$ .

Váha merania ( $p_i$ ) je kvalitatívnym hodnotením merania a je závislá na strednej chybe ( $\bar{m}_i$ ):

$$p_i = \frac{K}{\bar{m}_i^2},$$

pričom  $K$  je vhodne zvolenou konštantou. Súčin váh a stredných chýb štvorcových v rade meraní je konštantný. Ak nepoznáme hodnotu strednej chyby sú váhy odvodené z empirických stredných chýb ( $m_i$ ):

$$m_i = \sqrt{\frac{v \cdot v}{n_i - 1}},$$

ktoré sú získané z analýzy súboru merania. Pre  $p_0 = 1$  odpovedá tzv. jednotková stredná chyba  $\bar{m}_0$ . Dostávame potom všeobecný vzťah pre voľbu váh:

$$p_i = \frac{\bar{m}_0^2}{\bar{m}_i^2}.$$

Oprava  $v$  je rozdiel hodnôt nameraných ( $l_i$ ) a vyrovnaných ( $\bar{l}_i$ ). Vyrovnávaná hodnota môže byť funkcia neznámych veličín všeobecne:

$$v_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_k) - l_i = \bar{l}_i - l_i.$$

Je potrebné, aby bol tento vzťah linearizovaný. [10]

## 7 Výpočtová časť

### 7.1 Leica Geo Office (LGO)

#### 7.1.1 Základné informácie o programe

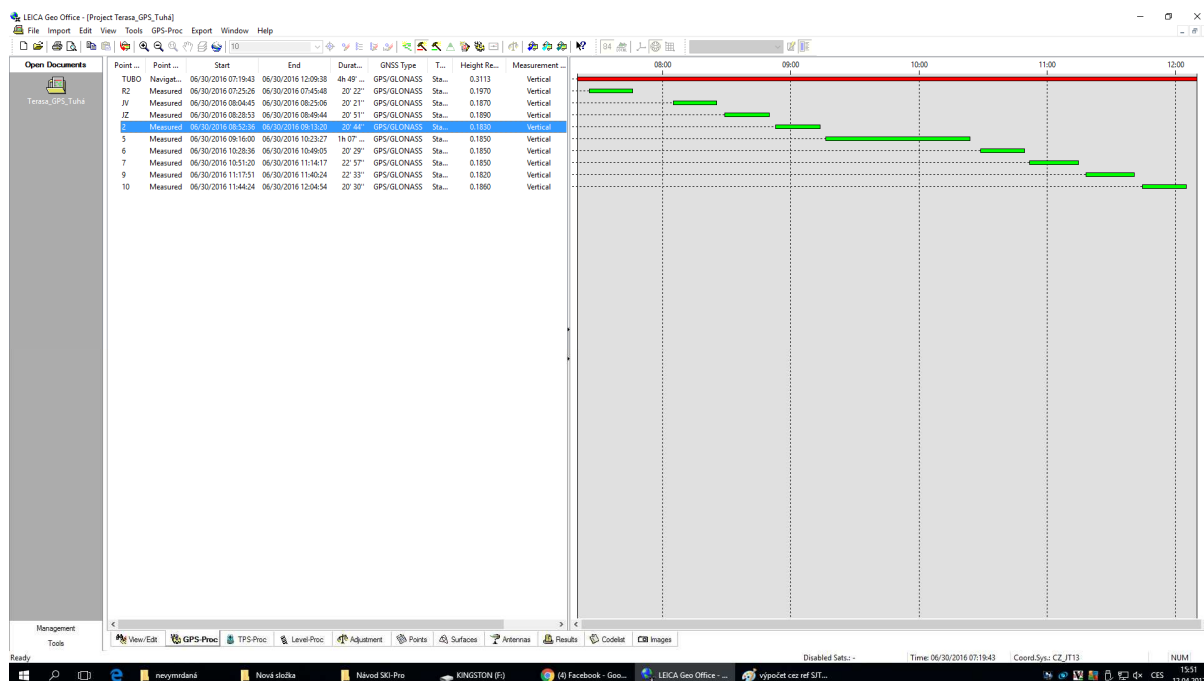
Je program určený na správu, spracovanie a export údajov z GPS, totálnych staníc a nivelačných prístrojov.

Jeho funkcie sú :

- import dát
- správa dát
- spracovanie dát
- vyrovnanie sietí
- transformáciu súradnicových systémov
- export dát [12]

#### 7.1.2 Výpočet súradníc bodov v programe LGO

Meranie GNSS rýchlou statickou metódou (Príloha č. 2, v elektronickej forme) bolo spracované v programe LGO. Ako prvé bol založený projekt, v ktorom prebiehalo spracovanie merania, pričom bol nastavený súradnicový systém WGS-84. Ďalej bolo potrebné vložiť merania aj s referenčnou stanicou TUBO, ktorá sa nachádza priamo na streche, kde prebiehalo meranie na pilieroch. Výberom ponuky „Import raw data“ boli merania na určovaných bodoch a meranie z referenčnej stanice vložené do založeného projektu. V grafickom znázornení observácie sa výberom možnosti „Reference“ označí referenčná stanica, ktorej časový interval by mal trvať po dobu merania na všetkých určovaných bodoch. Takto zvolenej stanici sa interval merania označí červenou farbou. Určované body sa obdobným spôsobom označia cez voľbu „Rover“ a ich intervaly budú v grafickom okne znázornené zelenou farbou (Obr. 7). V ponuke „Parametre“ a záložke „Obecné“ bola zvolená minimálna uhlová výška družíc nad horizontom, výšková maska bola nastavená na 15°. Efemeridy boli nastavené na vysielané, teda parametre dráh družíc sú ihneď k dispozícii. Typ riešenia a GNSS typ boli ponechané s voľbou „Automaticky“. U typu riešenia je na výber použité kódových, fázových dát alebo výber „Automaticky“, ktorý použije najlepšie dostupné dáta. GNSS typ umožňuje selekciu GPS a GLONASS systému, voľba „Automaticky“ všetky vzájomne kombinovateľné dáta.[13]



Obr. 7 Výpočet súradníc cez TUBO

V hornej lište programu sa cez voľbu „GPS – proc“ v rozbalenej ponuke cez „proces“ spustil výpočet. Výpočet však s referenčnou stanicou TUBO skolaboval (Obr. 8). Na výpočet bolo potrebné získať inú referenčnú stanicu. Zvolená bola virtuálna referenčná stanica nachádzajúca sa na krížení D1 cesty a Vídeňské ulice v okrese Brno-město a štvrti Brno-jih. Jej súradnice sú  $Y=599178,8430$ ,  $X = 1164502,4303$ ,  $H= 235,3061$  (S-JTSK, Bpv)

Vzdialenosť základne takejto stanice je závislá od doby observácie (vykonávania nepretržitého merania). Obdobným spôsobom bolo teda TUBO nahradené virtuálnou referenčnou stanicou, ktorej dáta boli importované do projektu. Tento výpočet už prebehol úspešne. Výsledky boli následne transformované zo súradnicového systému WGS-84 do S-JTSK a výškového systému Bpv, pomocou globálneho transformačného kľúča. Vypočítané súradnice bodov v S-JTSK, tak ako ich program LGO vypočítal, sú v Tab. 4. Výsledky sú uložené v prílohe č. 3.

V Tab.4 sa nachádza označenie bodu (meraný alebo referenčná stanica), dátum a čas začiatku merania, Y (EASING) a X (NORTHING) súradnice v S-JTSK, ortometrická normálna Moloděnského výška (ORTHO. HGT.) systému Bpv, a posúdenie kvality polohového a výškového určenia bodu (Posn. + Hgt. Qlty).



Results	Poi...	Epoch /	Stored St...	Ambiguity ...	GNSS Type	Type	Solut...	Freq...	X	Y	Z	Posn....	Hgt....	Posn. + Hgt. ...
Results	R2	06/30/2016 07:25:28	No	no	GPS/GLONASS	Static	Float	L1/E1...	4001472.2475	1192414.8816	4805771.5095	0.0049	0.0042	0.0064
04/12/2017 15:52:36	JV	06/30/2016 08:04:48	No	no	GPS/GLONASS	Static	Float	L1/E1...	4001469.2318	1192353.4902	4805791.4794	0.0024	0.0020	0.0032
Baselines	JZ	06/30/2016 08:28:58	No	no	GPS/GLONASS	Static	Float	L1/E1...	4001475.2587	1192347.6835	4805787.9740	0.0018	0.0014	0.0023
Points	2	06/30/2016 08:52:38	No	no	GPS/GLONASS	Static	Float	L1/E1...	4001471.9742	1192342.5448	4805792.2719	0.0023	0.0018	0.0030
Parameters	5	06/30/2016 09:16:03	No	no	GPS/GLONASS	Static	Float	L1/E1...	4001466.7057	1192347.6435	4805795.3442	0.0005	0.0005	0.0007
Report	6	06/30/2016 10:28:38	No	no	GPS/GLONASS	Static	Float	L1/E1...	4001467.2586	1192328.2790	4805799.6496	0.0030	0.0024	0.0038
04/12/2017 15:39:50	7	06/30/2016 10:51:23	No	no	GPS/GLONASS	Static	Float	L1/E1...	4001465.5745	1192325.2376	4805801.8101	0.0019	0.0013	0.0023
04/12/2017 15:34:23	9	06/30/2016 11:17:53	No	no	GPS/GLONASS	Static	Float	L1/E1...	4001459.5126	1192322.4745	4805807.1561	0.0020	0.0013	0.0024
	10	06/30/2016 11:44:28	No	no	GPS/GLONASS	Static	Float	L1/E1...	4001455.6379	1192326.2634	4805809.4238	0.0030	0.0019	0.0036

Obr. 8 Kolabs výpočtu cez referenčnú stanicu TUBO

Tab. 3 Výsledný protokol súradníc bodov v S-JTSK a Bpv

POINT ID	POINT CLASS	DATE/TIME	EASTING	NORTHING	ORTHO. HGT.	POSN. + HGT. QLTY
R2	Measured	06/30/2016 07:25:28	599069,1760	1159480,7757	275,6038	0,0079
JV	Measured	06/30/2016 08:04:48	599123,7786	1159446,2143	277,3624	0,0004
5	Measured	06/30/2016 09:16:03	599128,0314	1159440,1030	277,5877	0,0003
JZ	Measured	06/30/2016 08:28:58	599131,6203	1159450,8058	277,3651	0,0003
2	Measured	06/30/2016 08:52:38	599134,8806	1159444,0917	277,5957	0,0006
10	Measured	06/30/2016 11:44:28	599142,9064	1159416,5105	277,3405	0,0004
6	Measured	06/30/2016 10:28:38	599145,9139	1159431,5419	277,6023	0,0005
9	Measured	06/30/2016 11:17:53	599147,9870	1159419,4487	277,3357	0,0004
7	Measured	06/30/2016 10:51:23	599148,0039	1159427,9885	277,6201	0,0005
VIRTUAL RINEX	Reference	06/30/2016 07:19:43	599178,8430	1164502,4303	235,3634	0,0000

## 7.2. Program PPlanner

### 7.2.1 Základné informácie o programe

Na vyrovnanie geodetických sietí existuje mnoho rôznych programov, ale pre plánovanie dosiahnutia určitej presnosti sú obmedzené možnosti. Zostavenie modelu je veľmi namáhavé a náročné na výpočty. Pre absenciu takejto možnosti v niektorom z vyrovnávacích programov je často nutné sa spoľahnúť len na vlastný výpočet. Z dôvodu tohoto nedostatku bol vytvorený program PrecisPlanner 3D (PPlanner). Program je schopný zo vstupných približných súradníc, ktoré nám definujú konfiguráciu merania, a vhodne zvolených meraných veličín aj s ich presnosťami určiť presnosť určovaných súradníc. Výpočtovým jadrom je program GNU Gama, ktorý slúži na vyrovnanie rovinných, priestorových a výškových geodetických sietí.[14]

### 7.2.2 Postup výpočtu v programe PPlanner

Zapnutím programu PPlanner3Dv3 sa otvorilo okno (Obr. 9), kde sme zvolili voľbu „Načíst souřadnice“. Týmto spôsobom sme si načítali približnú konfiguráciu bodov. Ich minimálny počet je 2.



Obr. 9 Vstupné okno

Súradnice boli vytvorené v podporovanom .txt formáte. Súbor pre načítanie súradníc je usporiadaný: číslo bodu (reálne číslo), súradnice X,Y,Z. Na oddelenie týchto

informácií slúži buď medzera alebo tabulátor a rádová čiarka je v tomto programe bodka. Vstupné približné súradnice je možné zadať aj s doplňujúcimi údajmi, a to uvedením za súradnicami bodu : smerodajnú odchýlku centrovania, smerodajnú odchýlku určenia výšky cieľa a rozlíšenie či sa jedná o bod fixný(f) alebo vyrovnávaný(a). Príklad:

```
2.0 1159444.09200 599134.88060 277.59590 0.00000 0.00000 a
5.0 1159440.10300 599128.03140 277.58800 0.00000 0.00000 a
6.0 1159431.54200 599145.91390 277.60250 0.00000 0.00000 a
```

Jednotky súradníc sú v metroch. Keďže program nenačíta body označené pomocou písmen boli nasledujúce body premenované (Tab. 4).

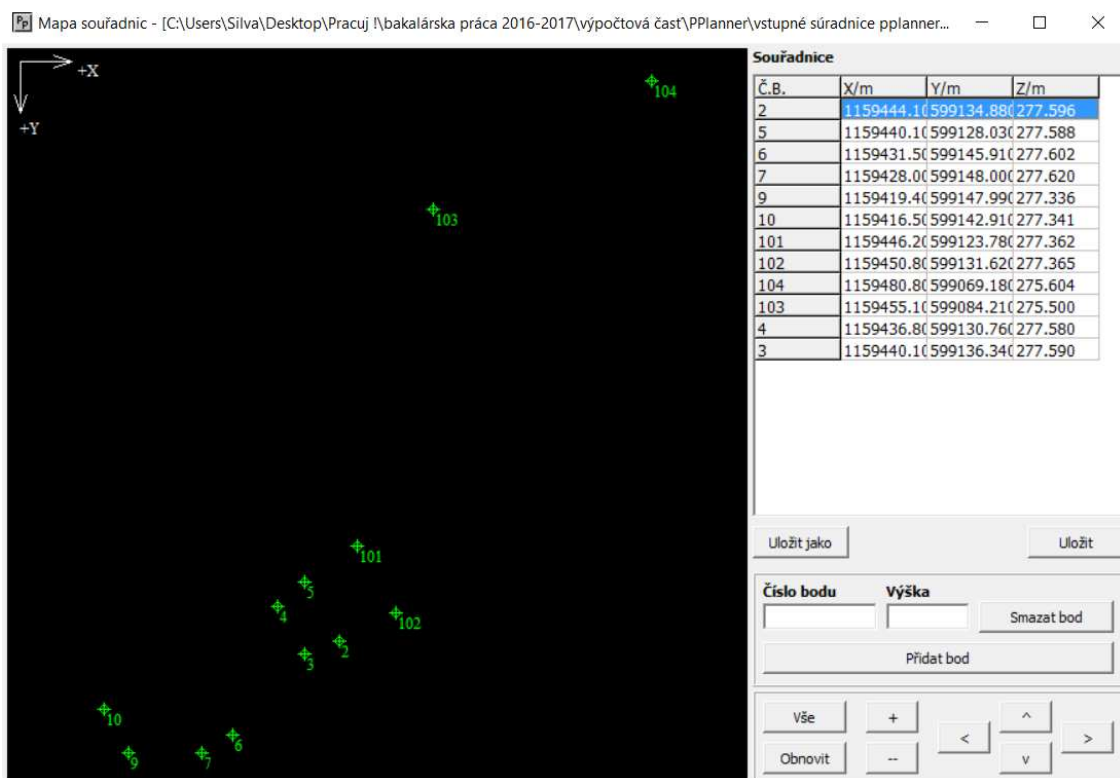
*Tab. 4 Priradenie numerického označenia pilierom*

Pôvodné označenie	JV	JZ	R1	R2
Nové označenie	101	102	103	104

Vo vstupnom zozname bodov sa ešte doplnila informácia, že všetky body sú bodmi vyrovnávanými (a), takže sieť bola vyrovnávaná ako voľná.

Po nahraní .txt súboru vstupných súradníc (príloha č. 4) je možné cez ponuku mapa súradníc nahliadnuť do grafického umiestnenie zadaných bodov ( Obr. 10).

V tomto prípade bolo nahraných 12 bodov. Ich značenie je možné si nastaviť podľa vlastných potrieb (Obr. 11). V tomto okne sa dá nastaviť jazyk, realizovať zmeny na farbu a font označenia bodov, merania či pozadia, prípadne vybrať z vlastností pre presnosť a nastaviť automatické ukladanie pri opustení formuláru.



Obr. 10 Rozmiestnenie bodov

- Nastavení -

Language: EN(default) ->

☒ Automatické uložení při opuštění formuláře

Barvy a font pro plán

Barva fixního bodu: dYellow

Barva vyrovnávaného bodu: dLime

Barva měření: dSilver

Barva značkového bodu: dRed

Barva pozadí: dBlack

Vybrat font: Times New Roman

Defaultní nastavení

Vlastnosti Sc/Svp přesnosti

☐ Bez vlivu Sc/Svp

☒ Vliv Sc/Svp je použit

☐ Stabilizace/signalizace je provedena pro celou síť

OK Zrušit Provést

Obr. 11 Tabuľka nastavení v PPlanner

Body je možné eventuálne pridávať či odoberať skrz ponuky „Přidat bod“ a „Odebrat bod“. Alternatívou vkladania bodov je možné vloženie do modelu pomocou kliknutia na ich približnú polohu v mape. V mieste kliknutia sa zobrazí červený otáznik a otvorí sa okno, kde je možné pridať prislúchajúce číslo bodu a jeho výšku. Voľbou „Uložit“ sa tieto body pripíšu aj so svojimi približnými súradnicami do vstupného zoznamu súradníc, inak by nebolo možné s nimi pracovať a vyrovnávať ich. V tomto prípade boli z dôvodu zmenšenia opráv, približné súradnice bodov 3,4 a 103 spočítané v programe Groma (podkapitola Groma 7.3.2 Výpočet súradníc). Ostatné súradnice bodov boli merané GNSS.

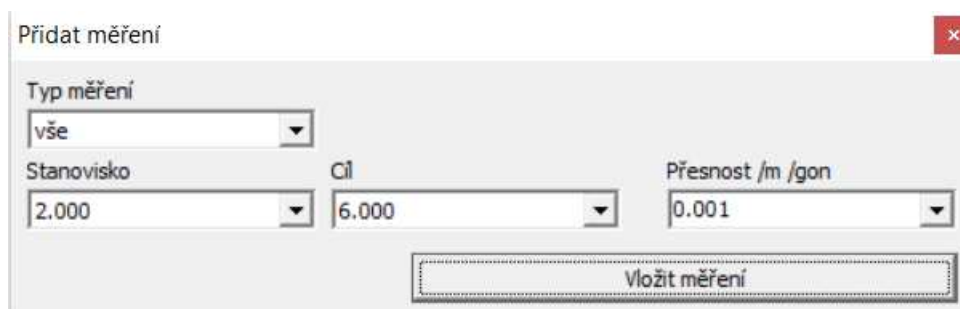
Program PPplanner má svoj špecifický zápisník merania. Ten bolo potrebné vytvoriť v požadovanej forme podporovanej programom. Hodnoty zápisníka obsahujú typ merania, stanovisko, cieľ a presnosť meranej veličiny. Príklad:

zu 2.00 7.00 0.00100

di 2.00 7.00 0.00100

sd 2.00 7.00 0.00520

zu 2.00 101.00 0.00100



*Obr. 12 Pridávanie meraní*

Typ merania je označovaný nasledovne: vd = prevýšenie, di = vodorovný smer, sd = šikmá dĺžka, zu = zenitový uhol, hd = vodorovná dĺžka. Jednotkami pre dĺžky sú metre a pre uhly grády. Obdobne ako pri súradniciach vstupných bodov je dovolené dodatočne pridávať, prípadne odoberať merania na bodoch a opätovne uložiť vykonané zmeny do zápisníku (príloha č. 5). Na Obr. 12 je náhľad na okno pridávania merania. V tejto práci sa jedná o klasické meranie totálnou stanicou, kde sa zaznamenávali šikmé dĺžky (sd), vodorovný uhol (di) a zenitový uhol (zu). Vkladanie všetkých týchto veličín bolo cez ponuku „3d pol.“ možné naraz, čo je v type meranie označené ako „vše“.

Program nám ponúka aj možnosť „Průvodce přesnostmi“ (Obr. 13). Tu je možné zadať strednú chybu jedného merania jednotlivých meraných veličín a počet opakovaní meraní. Program sám vypočíta výsledné stredné chyby pri viacnásobných meraniach. V tomto prípade bolo merané na krátke vzdialenosti, čím rastie riziko výskytu veľkých chýb z cieľenia. Z tohto dôvodu sa predpokladá nižšia presnosť pri meraní smerov a zenitových uhlov, než stanovuje použitý prístroj, preto boli zvolené nižšie presnosti pri nastavovaní modelu vyrovnania

Průvodce přesnostmi

**Přesnost totální stanice**

Směr /gon: 0.0100

Zenitový úhel /gon: 0.0100

Šikmá délka /m (a+b\*ppm\*D): 0.001 + 0.002

Vod. délka /m (a+b\*ppm\*D): 0.002 + 0.002

**Přesnost nivelačního přístroje**

Sm. odch. 1km nivelace /m: 0.0007

Koeficient délky nivelace: 1.5

**Počet opakování**

Směr: 1

Zenitový úhel: 1

Šikmá délka: 1

Průměrná délka /m: 100

Vod. délka: 1

Průměrná délka /m: 100

Převýšení: 1

Průměrná délka /m: 100

**Výslední přesnost**

Směr /gon: -> 0.01

Zenitový úhel /gon: -> 0.01

Šikmá délka /m: -> 0.0012

Vod. délka /m: ->

Převýšení /m: ->

**Použit na**

Směr

Zenitový úhel

Šikmá délka

Jednotlivě\*

Vod. délka

Jednotlivě\*

Převýšení

Jednotlivě\*

**Gyrosměr**

Gyrosměr 1x /gon: 0.0010

Počet opakování: 1

Gyrosměr /gon: ->

Použit

**Provázání**

Přesnost provázání s(xy)/m: 0.0010

Použit (XY)

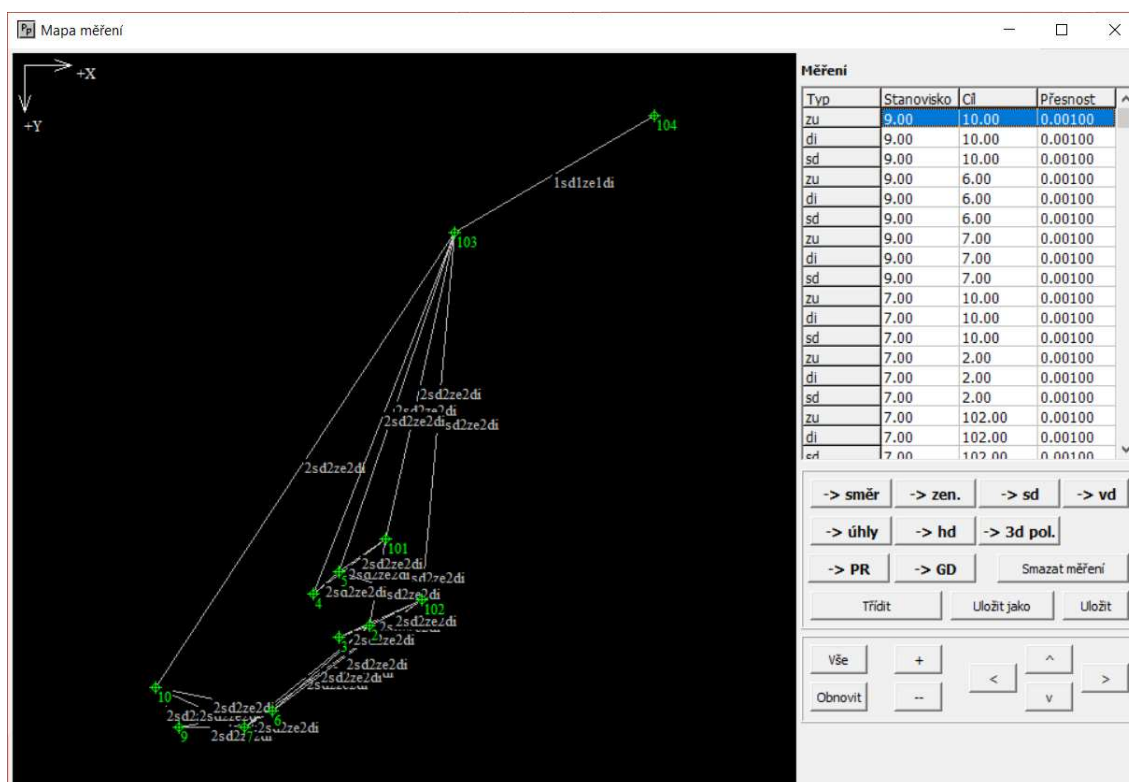
Přesnost provázání s(h)/m: 0.0010

Použit (H)

Obr. 13 sprievodca presnosťami

Pri meraní s rovnakou presnosťou je možné túto hodnotu nastaviť pre všetky merané veličiny rovnakého typu, čiže bude aplikovaná rovnaká presnosť pre všetky smery, uhly či dĺžky vyskytujúce sa v modeli siete.

Ďalším spôsobom je nastavenie presnosti jednotlivých meraných veličín, a to zvolením a následným upravením konkrétnej hodnoty pomocou „Zmeniť presnosť jedného meraní“. Obdobným spôsobom je možné cez „Zmeniť presnosť všetkých meraní stejného typu“ urobiť zmeny na všetkých meraniach rovnakého typu.

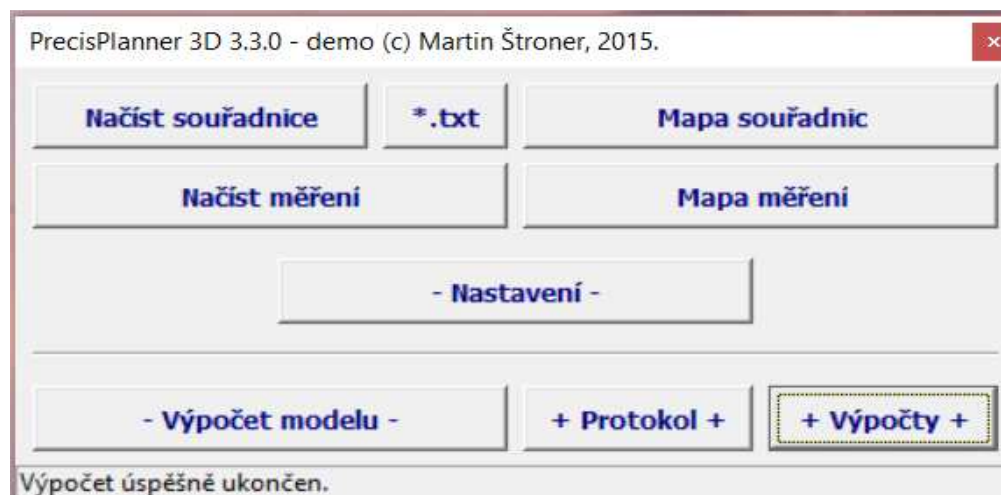


Obr. 14 Model merania

Na Obr. 14 je možné vidieť načítané merané veličiny. Stanovisko a cieľ sú spojené úsečkou, uprostred ktorej je uvedené aký typ merania bol použitý pre danú dvojicu a počet opakovaní merania. Potom sa môžu navolené hodnoty uložiť a touto cestou je vytvorený súbor v txt. formáte obsahujúci modelové meranie veličín.

Po zavretí okna „Mapa měření“ a vrátením sa do pôvodnej ponuky je v dolnom ľavom rohu vidieť počet nahratých meraní, ako je tomu aj pri nahrávaní súradníc. O stave výpočtu sa získavajú informácie z hlavnej ponuky (Obr. 15). Po zobrazení „Výpočet úspěšně ukončen“ je možné si v ponuke zvoliť „Protokol“ alebo „Výpočty“ a nahliadnuť si na získané informácie o navrhnutom modeli merania.





*Obr. 15 Úspešné ukončenie výpočtu*

K dispozícií som mala len demo verziu tohto programu. Kvôli obmedzenej možnosti počtu vyrovnávaných bodov v sieti som musela 3 body z modelu vyrovnania siete vyradiť. Vyradené boli body 3, 4 a R2(104), pretože bolo naň uskutočnených najmenej meraní. Postup výpočtu ostáva rovnaký. Získaný model neobsahuje tieto súradnice, ktoré by ale mali vplyv na výsledné presnosti vyrovnania modelu.

Príloha č. 6 je vygenerovaná tabuľka z programu z oblasti „Výpočty“. Jej obsahom je model vyrovnania s číslami bodov ich súradnicami a strednými chybami, parametrami elipsy chýb, a kovariančnou maticou , ktorú je možné uložiť. Príloha č. 6 obsahuje model vyrovnania siete.



## 7.3. Groma

### 7.3.1 Základné informácie o programe

Groma je program slúžiaci na komplexné spracovanie geodetických dát, importom surových údajov prenesených z totálnych staníc. Umožňuje prácu s viacerými súbormi naraz (zoznamy súradníc, meraní). Zoznamy meraní je možné spracovať po častiach alebo dávkovo. Všetky výpočtové úlohy prebiehajú v dialógových oknách, kde je vidno všetky vstupné aj výstupné údaje. Jednotlivé údaje je možné vkladať do výpočtov jednoduchým vybratím a potiahnutím myši. Program obsahuje geodetické typové úlohy, transformáciu súradníc, polárne vytyčovací prvky, výpočet výmer, výpočet kubatúr, vyrovnanie siete, napojenie zmeny do KM-D a ďalšie.[15]

### 7.3.2 Výpočet súradníc

Súradnice bodov číslo 3,4 a R1 neboli určené GNSS metódou. Na vytvorenie modelu presnosti v programe PPlanner a následné vyrovnanie siete v Grome bolo potrebné získať ich súradnice. Po nahratí zápisníka (Príloha č. 7) merania bolo cez ponuku „Měření“ zvolené „Zpracování zápisníku“. Keďže bolo merané v 2 polohách, 2 opakovaníach a zaznamenávané boli šikmé dĺžky, vodorovné smery a zenitové uhly boli použité nasledujúce opravy:

- redukovanie šikmých dĺžok na vodorovné,
- spracované merania v oboch polohách,
- redukované smery,
- vypočítané prevýšenie,
- redukovať prevýšenie na spojnici stabilizačných značiek,
- spracované opakované meranie,
- spracované obojsmerné meranie dĺžok a prevýšení.

Nastavenie refrakcií nebolo nutné, keďže merané dĺžky boli do 100 m (maximálna 70,232 m). Zvolené opravy boli cez možnosť „Opravit“ aplikované na všetky merania v zápisníku. Na Obr. 16 je vidieť porovnanie zápisníka pred a po jeho spracovaní. Následne na to boli do programu nahrané známe súradnice, získané GNSS meraním (príloha č. 8) a cez voľbu „Výpočty“ a „Polární metoda“ spočítané neznáme súradnice bodov. Výsledky polárnej metódy sú v Príloha č.9.

"terasa osnova.mes": Měření						
Předč.	Číslo	Hz	Z	Vod.délka	dH	Signál
	9					0.240
	10	0.0000	100.1488	5.866		0.217
	6	122.5294	98.7091	12.263		0.221
	7	133.4827	98.0825	8.542		0.217
	7	333.4816	301.9065	8.542		0.217
	6	322.5326	301.2783	12.264		0.221
	10	199.9998	299.8299	5.866		0.217
	10	0.0000	100.1488	5.866		0.217
	6	122.5295	98.7091	12.263		0.221
	7	133.4827	98.0824	8.542		0.217
	7	333.4824	301.9075	8.542		0.217
	6	322.5297	301.2751	12.264		0.221
	10	199.9987	299.8296	5.866		0.217
	7					0.240
	10	0.0000	101.4726	12.558		0.217
	2	129.8490	100.1084	20.769		0.219

"terasa osnova.mes": Měření						
Předč.	Číslo	Hz	Z	Vod.délka	dH	Signál
	9					0.240
	10	0.0000	100.1595	5.867	-0.015	0.217
	6	122.5307	98.7162	12.264	0.247	0.221
	7	133.4828	98.0877	8.542	0.256	0.217
	7					0.240
	10	0.0000	101.4784	12.559	-0.295	0.217

Obr. 16 Porovnanie zápisníkov

### 7.3.3 Výpočet vyrovnania siete

Pridaním spočítaných súradníc bodov do zoznamu vstupných súradníc (príloha č. 10) sa mohlo pristúpiť k samotnému vyrovnaniu siete. Program Groma pri vyrovnávaní sietí využíva metódu MNČ. Načítané súradnice boli použité ako približné súradnice vstupujúce do vyrovnania siete. V základnej ponuke Gromy z ponuky „Nástroje“ bolo vybrané „Vyrovnání sítě“ (Obr.17). Cez „Načíst data“ bol načítaný spracovaný zápisník merania.

Ak by pri výpočte chýbali približné súradnice nejakého bodu, program si je schopný ich spočítať cez polárnu metódu, voľné stanovisko alebo pretínaním z orientovaných smerov.

Pri jednotlivých bodoch je možné nastaviť si v okne poloha a výška či sa jedná o bod :

- voľný
- pevný
- pevná súradnica X alebo Y
- pevný smerník
- Helmert

Vyrovnávaná sieť bola voľná, preto bola nastavená poloha a výška pri každom bode voľná.

Pred samotným spustením výpočtu vyrovnania siete boli cez „Sieť“ nastavené „Parametry siete“. Stredná chyba smeru bola spočítaná ako aritmetický priemer zo stredných chýb smerov každého bodu z protokolu výpočtov (Príloha č. 11). Stredná chyba v dĺžke bola zadaná podľa parametrov presností z použitej totálnej stanice Trimble S 8 (1+2ppm). Uskutočnené zmeny v charakteristikách presnosti boli voľbami „Upraviť strední chybu smerů“ a „Upraviť strední chybu délek“ aplikované do výpočtu. Na záver možnosťou „Výpočet“ sa spustilo samotné vyrovnanie siete polohové a výškové. Jeho výsledky sú v Prílohe č. 12.

Vyrovnání sítě

Soubor Sítě Nápověda

Přibližné souřadnice | Směry | Délky | Výšky | Vyrovnané souřadnice

Vstupní soubor s měřením:

C:\Users\Silva\Desktop\Pracuj\!bakalárska práca 2016-2017\výpo ... Načíst data

Přibližné souřadnice:

Bod	
<input checked="" type="checkbox"/> 2	
<input checked="" type="checkbox"/> 3	
<input checked="" type="checkbox"/> 4	
<input checked="" type="checkbox"/> 5	

Přidat Ubrat

Předč.:

Číslo:

Poloha:

Výška:

Y:

X:

Z:

Protokol Výpočet

Obr. 17 Vyrovnanie siete

## 8 Výsledky

Výsledkom práce sú zamerané súradnice pilierov a ich následné polohové vyrovnanie. Porovnanie presností z modelu s dosiahnutými presnosťami z merania (Tab. 5 ).

*Tab. 5 Vyrovnané súradnice so svojimi strednými chybami z merania a z modelu*

ID bodu	súradnice [m]		výška [m]	stredná chyba z merania			stredná chyba z modelu		
	Y	X	Z	my [mm]	mx [mm]	mx [mm]	mx [mm]	my [mm]	mx [mm]
<b>2</b>	599134,8784	1159444,0875	277,6016	0,64	0,51	0,47	0,62	0,55	0,75
<b>3</b>	599136,3358	1159440,0593	277,5987	0,73	0,69	0,60			
<b>4</b>	599130,7528	1159436,8212	277,5932	0,76	0,86	0,63			
<b>5</b>	599128,0283	1159440,1014	277,6017	0,68	0,74	0,55	0,79	0,72	0,93
<b>6</b>	599145,9156	1159431,5392	277,6083	0,59	0,60	0,55	0,41	0,62	0,78
<b>7</b>	599148,0065	1159427,9942	277,6205	0,61	0,67	0,55	0,41	0,59	0,78
<b>9</b>	599147,9928	1159419,4514	277,3414	0,84	0,75	0,66	0,51	0,64	0,91
<b>10</b>	599142,9130	1159416,5150	277,3491	0,83	0,68	0,67	0,58	0,56	0,94
<b>JV</b>	599123,7742	1159446,2099	277,3736	0,69	0,78	0,50	0,80	0,50	0,83
<b>JZ</b>	599131,6177	1159450,8034	277,3787	0,81	0,52	0,43	0,59	0,50	0,74
<b>R1</b>	599084,2000	1159455,0543	277,5108	0,77	1,36	0,78	0,94	0,44	2,43
<b>R2</b>	599069,1799	1159480,7843	275,5058	2,35	0,94	1,59			

## 9 Záver

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo určenie súradníc bodov výukovej siete na budovách B a R FAST VUT v Brne. Obe budovy sa nachádzajú na ulici Veveří a medzi nimi vedie ulica Rybkova.

Zameraných bolo 12 bodov totálnou stanicou Trimble S8, s počtom opakovaní 2. Z toho približné súradnice 9 bodov boli zamerané GNSS aparátúrou Leica, zvyšné približné súradnice bodov 3, 4 a R1 boli vypočítané v programe Groma. Na spracovanie GNSS merania, rýchlej statickej metódy, bol použitý program Leica Geo Office.

Z vytvoreného modelu merania a z približných súradníc bol v prostredí programu PPlanner vytvorený model vyrovnania siete. Na výpočet vyrovnaných súradníc bodov bol do programu Groma nahraný zápisník merania z totálnej stanice a približné súradnice bodov. Výsledkom sú vyrovnané súradnice bodov výukovej siete s ich strednými súradnicovými chybami.

Výsledné presnosti z merania boli porovnávané s presnosťami získanými z modelu vyrovnania siete. Je možné konštatovať že program PPlanner, vytvorením modelu vyrovnania siete, poskytuje odpovedajúce charakteristiky presnosti určenia súradníc. Tento program je vhodný na získanie presností vyrovnania siete pred uskutočnením merania. Vďaka nemu je možné si nasimulovať meranie, tak aby boli splnené zadané odchýlky. Na základe takto vytvoreného modelu siete je možné uskutočniť meranie v teréne.

## Zoznam použitých zdrojov

1. Geoportal, CUZK. [online].C [cit 25.5.2017]. Dostupné z:  
<http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=12232>
2. Říha, J., *Moderní přístrojová technika*. 2014: p. 21.
3. ČADA, V.: Měření délek. zcu, 2005, [ cit. 25.5.2017 ]. Dostupné z:  
<http://geomatika.kma.zcu.cz/studium/gen1/html-old/ch06s02.html>
4. FORAL, J., *Geodézie I, Modul 01, Geodetická cvičení I*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2004.
5. Weigel, J. and R. Machotka, *Základy vyšší geodézie a kozmické geodézie*. 2006.
6. ČÁBELKA, M., *Úvod do GPS*. Praha: Karlova univerzita v Praze, 2008.
7. Machotka, R.F., Jan, *Geodetická astronomie a kozmická geodézie II*. 2007.
8. GLONASS Future and Evolutions. esa, [online],2011, [ cit. 25.5.2017 ].  
Dostupné z:  
[http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS\\_Future\\_and\\_Evolutions](http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS_Future_and_Evolutions)
6. Švábenský, O., J. Weigel, and J. Fixel, *Základy GPS a jeho praktické aplikace*. 1995: CERM.
7. GALILEO - Evropský globální navigační družicový systém - Český Kosmický Portál - Odbor ITS, kosmických aktivit a VaVaI. Český Kosmický Portál - Odbor ITS, kosmických aktivit a VaVaI [online]. Copyright © [cit. 24.05.2017]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/galileo/>
8. Čínský navigační systém Beidou / Compass - Český Kosmický Portál - Odbor ITS, kosmických aktivit a VaVaI. Český Kosmický Portál - Odbor ITS, kosmických aktivit a VaVaI [online]. Copyright © [cit. 24.05.2017]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/gnss-mimo-evropu/cinsky-beidou---compass/>
9. About BeiDou | Inside GNSS. Inside GNSS | Engineering Solutions from the Global Navigation Satellite System Community [online]. Copyright © Inside GNSS Media [cit. 24.05.2017]. Dostupné z: <http://www.insidegnss.com/aboutcompass>
10. Böhm, J., V. Radouch, and M. Hampacher, *Teorie chyb a vyrovnávací počet*. 1990: Geodetický a kartografický podnik.
11. WEIGEL, J., *Teorie chyb a vyrovnávací počet I: Základní druhy vyrovnání (1. část)*. 2004, CERM, Brno.
12. LGO 4 Uživatelský manuál. Geotech, [online]. [ cit. 25.5.2017 ]. Dostupné z: <http://www.geotech.sk/OLD/download/LGO%204%20manual%20Sk.pdf>
13. *GEFOS a.s.* [online]. Copyright © [cit. 25.05.2017]. Dostupné z: [http://www.gefos-leica.cz/ftp/GPS/Navody/CZ\\_Rychlonavody/LGO\\_rychlonavod.pdf](http://www.gefos-leica.cz/ftp/GPS/Navody/CZ_Rychlonavody/LGO_rychlonavod.pdf)
14. Štroner, M. and D. Ing, *PrecisPlanner 3D v3. 1.0*. 2012.
15. Groma. ORNTH, [online]. [ cit. 25.5.2017 ]. Dostupné z: <http://www.ornth.sk/products/groma/>

## **Zoznam použitých skratiek**

<b>FAST</b>	Fakulta stavební
<b>VUT</b>	Vysoké učení technické
<b>S-JTSK</b>	System Jednotné trigonometrické sítě katastrální
<b>Bpv</b>	Výškový systém Balt po vyrovnání
<b>mx, my, mz</b>	stredné súradnicové chyby súradníc X, Y, Z

## **Zoznam použitých obrázkov**

Obr. 1 Terasa budovy B a R VUT FAST v Brne [1] .....	11
Obr. 2 Schéma merania na pilieroch .....	12
Obr. 3 Schéma merania na určenie konštánt .....	13
Obr. 4 Meranie v učebni číslo B150 .....	14
Obr. 5 Meranie Trimble S8 na budove B .....	16
Obr. 6 Meranie s Leica na bode číslo R2 .....	20
Obr. 7 Výpočet súradníc cez TUBO .....	24
Obr. 8 Kolabs výpočtu cez referenčnú stanicu TUBO .....	25
Obr. 9 Vstupné okno .....	26
Obr. 10 Rozmiestnenie bodov .....	28
Obr. 11 Tabuľka nastavení v PPlanner .....	28
Obr. 12 Pridávanie meraní .....	29
Obr. 13 sprievodca presnosťami .....	30
Obr. 14 Model merania .....	31
Obr. 15 Úspešné ukončenie výpočtu .....	32
Obr. 16 Porovnanie zápisníkov .....	34
Obr. 17 Vyrovnanie siete .....	35

## **Zoznam použitých tabuliek**

Tab. 1 Príklad zápisu merania konštánt hranolov .....	15
Tab. 2 Výsledné konštanty hranolov .....	15
Tab. 3 Výsledný protokol súradníc bodov v S-JTSK a Bpv .....	25
Tab. 4 Priradenie numerického označenia pilierom .....	27
Tab. 5 Vyrovnané súradnice so svojimi strednými chybami z merania a z modelu .....	36



## **Zoznam príloh**

Príloha č. 1 Súčtová konštanta

Príloha č. 2 GPS terasa

príloha č. 3 Výsledky z LGO

Príloha č. 4 Zoznam vstupných súradníc do PPlanner

Príloha č. 5 Model merania

Príloha č. 6 Tabuľka vyrovnania modelu siete (bez bodov 3,4,R1)

Príloha č. 7 Meranie pilierov Trimble S8

Príloha č. 8 Zoznam vstupných súradníc pre polárnu metódu

Príloha č. 9 Polárna metóda

Príloha č. 10 Zoznam súradníc pre vyrovnanie

Príloha č. 11 Polárna metóda dávkou

Príloha č. 12 Vyrovnanie siete